Aus der Neurochirurgischen Universitätsklinik und Poliklinik Würzburg
Direktor: Professor Dr. med. K.A. Bushe
und aus der Abteilung für Neuroradiologie in der Kopfklinik der
Universität Würzburg
Leiter: Professor Dr. med. M. Nadjmi

Vergleichende Analyse der röntgenologischen Ergebnisse bei Fusionsoperationen der Halswirbelsäule nach Cloward unter Verwendung von autologem Knochen und „Kieler Knochen" als Transplantatmaterial

INAUGURAL – DISSERTATION

verfaßt und der
Hohen Medizinischen Fakultät
der
Julius-Maximilians-Universität Würzburg
zur
Erlangung der zahnmedizinischen Doktorwürde

vorgelegt von

Peter Bechmann
aus Würzburg

Würzburg, den 27.8.1979

1980

Aus der Neurochirurgischen Universitätsklinik und Poliklinik Würzburg
Direktor: Professor Dr. med. K.A. Bushe
und aus der Abteilung für Neuroradiologie in der Kopfklinik der
Universität Würzburg
Leiter: Professor Dr. med. M. Nadjmi

Vergleichende Analyse der röntgenologischen Ergebnisse bei Fusionsoperationen der Halswirbelsäule nach Cloward unter Verwendung von autologem Knochen und „Kieler Knochen" als Transplantatmaterial

INAUGURAL – DISSERTATION

verfaßt und der
Hohen Medizinischen Fakultät
der
Julius-Maximilians-Universität Würzburg
zur
Erlangung der zahnmedizinischen Doktorwürde

vorgelegt von

Peter Bechmann
aus Würzburg

Würzburg, den 27.8.1979

Referent: Prof. Dr. med. K.A. Bushe
Korreferent: Priv.Doz. Dr. med. W. Grüninger
Dekan: Prof. Dr. med. O. Schrappe

Tag der mündlichen Prüfung: 27. 2. 1980

UNIV.
LEIDEN
BIBL.

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät der
Universität Würzburg

MEINEN ELTERN GEWIDMET

INHALTSVERZEICHNIS

		Seite
I.	EINLEITUNG	1
II.	KRANKENGUT UND METHODIK	3
	1. Krankengut	3
	2. Methodik der Auswertung der Röntgenaufnahmen	4
	3. Statistische Auswertung	8
III.	ERGEBNISSE	9
	1. Lokalisation der Operation	9
	2. Meßwerte der Wirbelkörper und Bandscheiben vor der Operation	10
	3. Postoperative Segmenthöhe	10
	4. Krümmungsverhalten der Halswirbelsäule	13
	5. Knöcherne Durchbauung des Knochendübels	17
	6. Kasuistik	18
IV.	DISKUSSION	25
V.	ZUSAMMENFASSUNG	32
VI.	LITERATURVERZEICHNIS	35

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41543527_0121

I. EINLEITUNG

Die Geschichte der operativen Behandlung der cervicalen Bandscheibenschäden reicht nicht weit zurück. Etwa seit 1940 wurden Laminektomie und Hemilaminektomie zur Entlastung des durch Bandscheibenvorfälle komprimierten Rückenmarks praktiziert, nachdem in den beiden Jahrzehnten zuvor die ätiologischen Zusammenhänge zwischen Bandscheibendegeneration, Spondylosis deformans und Rückenmarks- bzw. Wurzelsymptomen erarbeitet worden waren (SCHMORL, 1927, 1928, 1929, 1931). Der nächste wichtige Schritt war die Einführung des vorderen Zugangs zur geschädigten Bandscheibe, der zunächst an der Lendenwirbelsäule mit Erfolg durchgeführt wurde. Daraufhin zeigten ROBINSON und SMITH (1955) sowie DEREYMAKER und MULIER (1958) anteriore Zugänge zur Halswirbelsäule (HWS) auf. CLOWARD (1958) gebührt das Verdienst, den anterioren Zugang vor allem durch die Entwicklung eines speziellen Instrumentariums zur Standardoperation gemacht zu haben. Seitdem haben viele Autoren über ihre vorwiegend positiven Erfahrungen mit dem vorderen Zugang zur HWS berichtet (ABOULKER et al., 1965; ALTENSTEIN, 1966; BAILEY et al., 1960; CLOWARD, 1961, 1962; DECKING, 1974; DOHN, 1966; GALERA et al., 1968; GREEN, 1977; GROTE et al., 1967, 1970; GUIDETTI et al., 1969; HEMMER, 1970; JACOBS et al., 1970; KYSELKA et al., 1977; LUTHER et al., 1974; RAMANI et al., 1975; RILEY et al., 1969; ROBINSON et al., 1962; RUSDEA, 1974; SCOVILLE, 1966; SCOVILLE et al., 1976; TAHERI et al., 1972; TEW et al., 1976).

Nachdem CLOWARD die Verblockung mittels eines autologen Transplantats aus dem Beckenknochen vorgeschlagen hatte, andererseits aber die Entwicklung von homologen (BROWN et al., 1976; SCHNEIDER et al., 1976) und heterologen Knochentransplantaten in den 50er und 60er Jahren entscheidende Fortschritte gemacht hat, war es folge-

richtig, daß diese Transplantate nun auch für die Versteifungsoperationen an der Wirbelsäule benutzt wurden, bieten sie doch hinsichtlich der Handhabung gegenüber dem Eigenknochentransplantat entscheidende Vorteile. MAATZ und BAUERMEISTER (1957) stellten eine Knochenkonserve aus Kalbsspongiosa vor, die heute als "Kieler Knochenspan" fabrikmäßig hergestellt wird. Das Verfahren besteht in einer Eiweißdenaturierung in 20 %iger H_2O_2-Lösung, wodurch das Material immunologisch inaktiviert wird. Es folgen die Entfettung und die Sterilisation im Ätherdampfsterilisator. Der Kieler Knochenspan wurde in der Folgezeit mit guten Ergebnissen tierexperimentell und klinisch auf seine Brauchbarkeit hin untersucht und auf verschiedenen Anwendungsgebieten mit homologen und anderen heterologen Transplantaten verglichen (BAUERMEISTER, 1959, 1961; EVERS et al., 1967; FUCHS et al., 1963, 1966; LUBINUS, 1963; LUBINUS et al., 1968; MAATZ, 1959, 1963, 1971; MAATZ et al., 1961; SANDEMAN, 1968). Er erwies sich dabei im sog. "ersatzstarken Lager" (MAATZ, 1959) hinsichtlich der osteogenen Leistung dem autologen Transplantat als gleichwertig.

Der Kieler Knochenspan hat sich auf vielen Indikationsgebieten unbestrittene Verdienste erworben. Es besteht jedoch immer noch Uneinigkeit darüber, ob er sich unter den besonderen statischen und dynamischen Verhältnissen, die wir an der HWS vorfinden, zur Verblockung ebenso gut eignet wie der Eigenknochendübel.

II. KRANKENGUT UND METHODIK

1. Krankengut

Im Zeitraum zwischen dem 1.1.1972 und dem 30.6.1976 wurden in der Neurochirurgischen Universitätsklinik in Würzburg insgesamt 105 Patienten an der HWS operiert. Davon war bei 57 Patienten wegen einer nicht traumatisch bedingten Radiculopathie und/oder Myelopathie die CLOWARD'sche Operationsmethode angewandt worden. Bei den restlichen 48 Patienten handelte es sich um Frakturen der HWS, um Tumoren bzw. Metastasen in der HWS, um Verblockungen mit Palacos oder um Operationen nach FRYKHOLM, VERBIEST oder SMITH-ROBINSON. Von den 57 verbleibenden Patienten konnten 17 nicht in die Untersuchung einbezogen werden, weil entweder keine präoperative Röntgenaufnahme vorlag, die präoperative und/oder die postoperative Röntgenaufnahme infolge der Überstrahlung eines fusionierten Wirbels (häufig des 7. Halswirbels) nicht ausmeßbar war oder weil Patienten nicht zur Nachuntersuchung erschienen waren.

Es konnten also insgesamt die Röntgenaufnahmen von 40 Patienten vermessen werden, von denen 12 mit Kieler Knochendübeln und 28 mit Eigenknochendübeln operiert worden waren.

Bei den mit Kieler Knochen operierten Patienten war in zwei Fällen die Wahl dieses Materials notwendig, da der autologe Knochen infolge einer Osteoporose nicht verwendbar war. In den übrigen Fällen war keine spezielle Indikation für die Wahl des einen oder anderen Materials gegeben.

2. Methodik der Auswertung der Röntgenaufnahmen

Zur Beurteilung wurden die seitlichen Nativaufnahmen der HWS herangezogen, in bestimmten Fällen auch Mittelschichtaufnahmen der HWS. Dabei wurde ein Mindestzeitraum von 9 Monaten gefordert, der von der Operation bis zur Anfertigung der postoperativen Röntgenaufnahmen vergangen sein mußte. Eine Ausnahme bildeten zwei Patienten, bei denen sich schon wenige Monate nach der Operation mit Kieler Knochen Beschwerden und Befunde ergaben, die eine Revision notwendig machten, die mit Eigenknochendübeln durchgeführt wurde. In diesen beiden Fällen wurden die Röntgenaufnahmen beurteilt und vermessen, die vor der zweiten Operation angefertigt worden waren.

Für die Auswertung der Meßergebnisse wurden unter Berücksichtigung des jeweiligen Film-Fokus-Abstandes und des Objekt-Film-Abstandes aus den durch Vermessen der Röntgenaufnahmen gewonnenen Werten vergleichbare Objektgrößen errechnet. Für den Objekt-Film-Abstand, der von der Schulterbreite des Patienten abhängig ist, wurden die von LOSCH (1968) jeweils für Männer und Frauen angegebenen Mittelwerte der Schulterbreiten seines Patientengutes verwendet.

Das sich röntgenologisch darstellende Operationsergebnis wurde hinsichtlich folgender Kriterien beurteilt:

1. Es wurde die präoperative Höhe des operierten Segments (bestehend aus dem operierten Zwischenwirbelraum und dem cranial und caudal benachbarten Wirbel) mit der postoperativen Segmenthöhe verglichen.
2. Es wurde der Krümmungsgrad der HWS im operierten Segment vor und nach der Operation gemessen.
3. Es wurde subjektiv die knöcherne Durchbauung des eingefügten Knochendübels beurteilt.

ad 1.

Auf den präoperativen Röntgenaufnahmen wurde die Höhe des zu operierenden Zwischenwirbelraumes und die Höhe der benachbarten Wirbelkörper sowohl auf der ventralen als auch auf der dorsalen Seite gemessen. Die Segmenthöhe wurde durch Addition der Höhe des Zwischenwirbelraumes und der Höhe der beiden benachbarten Wirbelkörper berechnet.

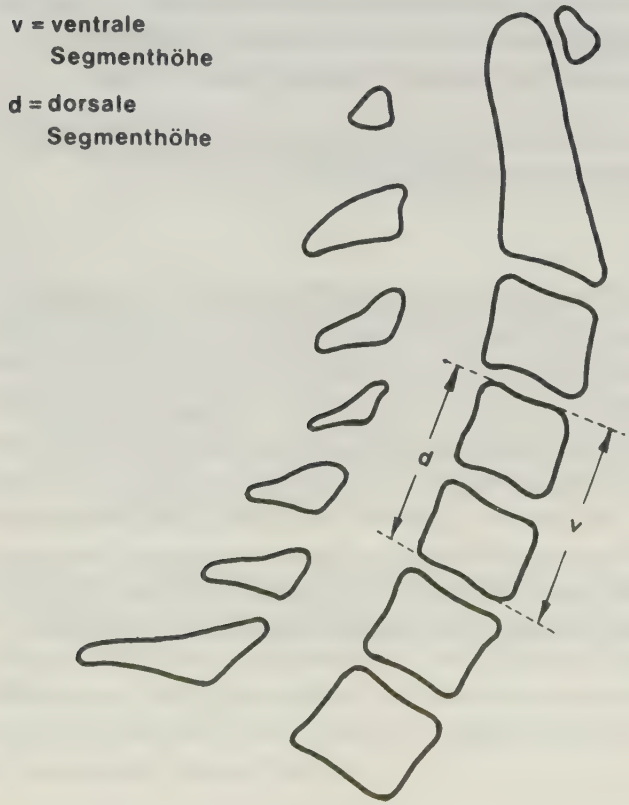


Abb. 1: Meßschema
zur Bestimmung der Segmenthöhe

Analog zum Zervikalen Index (PSCHIRRER, 1968) wurde daraus der präoperative Segment-Index bestimmt:

$$\text{Segment-Index} = \frac{\text{dorsale Segmenthöhe in mm}}{\text{ventrale Segmenthöhe in mm}} \times 100$$

Der Segment-Index charakterisiert die Form des Segmentes, wobei Werte unter 100 eine sich nach dorsal verjüngende, Werte über 100 eine sich nach ventral verjüngende Segmentform bezeichnen. Auf den postoperativen Röntgenaufnahmen wurde die Segmenthöhe ventral und dorsal gemessen und daraus der Segment-Index berechnet.

Bei mehreren benachbarten Fusionierungen wurde die Gesamthöhe der fusionierten Wirbelkörper gemessen.

ad 2.

Zur Bestimmung des Krümmungsgrades der HWS im operierten Segment wurde der spitze Winkel, den die Hinterkanten der fusionierten Wirbelkörper miteinander bilden, auf den prä- und postoperativen Röntgenaufnahmen gemessen (s. Abb. 2). Eine lordotische Stellung der Wirbelkörper wurde durch ein positives, eine kyphotische Stellung durch ein negatives Vorzeichen zum Ausdruck gebracht.

Auf eine Bestimmung des Krümmungsgrades der gesamten HWS nach ISHIHARA (1964) wurde verzichtet, da als Operationsergebnis lediglich die Stellung der beiden fusionierten Wirbelkörper zueinander interessiert.

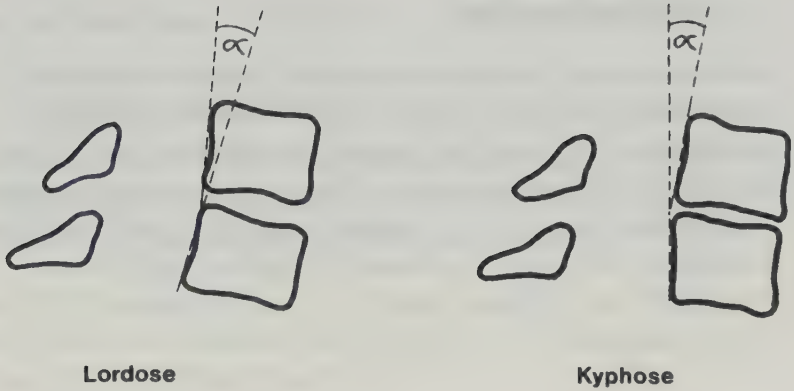


Abb. 2: Meßschema
zum Krümmungsverhalten der HWS

ad 3.

Die knöcherne Durchbauung des zur Fusionierung verwendeten Knochendübels wurde ebenfalls anhand der seitlichen Röntgenaufnahmen der HWS beurteilt, wobei in Zweifelsfällen Mittelschichtaufnahmen der HWS herangezogen wurden. Hierbei wurden die Röntgenaufnahmen von zwei voneinander unabhängigen, erfahrenen Beobachtern daraufhin untersucht, ob nach einem Zeitraum von mindestens neun Monaten nach der Operation eine Dübelkontur deutlich zu erkennen war oder nicht.

Da bei dieser Untersuchung Patienten berücksichtigt werden konnten, die bei den obengenannten Vergleichsmessungen infolge eines Fehlens präoperativer Röntgenaufnahmen bzw. einer Überstrahlung eines Wirbels in der Röntgenaufnahme nicht mit einbezogen wurden, erhöhte sich in diesem Falle die Zahl der Patienten auf 53 und die Zahl der untersuchten Segmente auf 76.

3. Statistische Auswertung

Die Ergebnisse der einzelnen Untersuchungen wurden einer statistischen Prüfung unterzogen. Dabei wurde der Vergleich der prä- und postoperativen Mittelwerte der Segment-Indices und der Vergleich der Mittelwerte der Winkeldifferenzen der beiden Patientengruppen anhand des t-Tests durchgeführt. Die statistische Auswertung des Ergebnisses bezüglich der knöchernen Durchbauung erfolgte mit dem χ^2-Test.

III. ERGEBNISSE

1. Lokalisation der Operation

Bei den mit Kieler Knochen operierten Patienten wurde in 6 Fällen die Fusion eines Segments und in 6 Fällen die Fusion zweier Segmente (davon einmal nicht benachbarter Segmente) vorgenommen.

Die Verblockungsoperationen mit Eigenknochendübeln erstreckten sich in 19 Fällen auf ein Segment und in 9 Fällen auf zwei Segmente (davon einmal nicht benachbarte Segmente).

Die einzelnen Segmente wurden in folgender Häufigkeit operiert:

	C 3/4	C 4/5	C 5/6	C 6/7	C 7/T 1
Kieler Knochendübel	1	5	8	4	0
Eigen-Knochendübel	0	5	19	12	1
Gesamt	1	10	27	16	1

2. Meßwerte der Wirbelkörper und Bandscheiben vor der Operation

Die Gesamtzahl der fusionierten Wirbelkörper belief sich bei unseren 40 Patienten auf 97. Der Durchschnittswert für die ventrale Wirbelkörperhöhe betrug 12,7 mm, dorsal waren die Wirbelkörper im Durchschnitt 13,4 mm hoch.

Die mittlere Bandscheibenhöhe betrug ventral 3,8 mm und dorsal 2,4 mm. Diese geringen Werte für die Bandscheibenhöhen lassen erkennen, daß es sich hierbei teilweise um erheblich degenerierte Bandscheiben handelte. Desweiteren ist die Differenz zwischen dem ventralen und dem dorsalen Durchschnittswert für die Bandscheibenhöhen größer als die Differenz zwischen dem dorsalen und dem ventralen Durchschnittswert der Wirbelkörperhöhen, was als Erklärung für das in vielen Fällen noch vorhandene lordotische Krümmungsverhalten der HWS dienen kann.

3. Postoperative Segmenthöhe

Die Auswertung der postoperativ angefertigten Röntgenaufnahmen brachte folgendes Ergebnis:
Kurz nach der Operation kam es in der Regel zunächst zu einer Zunahme der Segmenthöhe. Die Ursache hierfür liegt in der Verwendung eines Knochendübels, dessen Durchmesser größer ist als der des Bohrlochs. In den folgenden Monaten kommt es dann in den weitaus meisten Fällen zu einer Annäherung der beiden verblockten Wirbel. Die damit verbundene Abnahme der Segmenthöhe betrug im Mittel auf der ventralen Seite 2,4 mm und auf der dorsalen Seite 1,0 mm. Diese ventral stärkere Höhendifferenz führt zu einer Betonung der nach dorsal divergierenden Keilform des jeweiligen Segments, die in manchen Fällen auch mit einer kyphoseartigen Knickbildung innerhalb des Segments verbunden ist.

Die durchschnittliche Abnahme der Segmenthöhte auf der ventralen Seite war bei den mit Eigenknochendübeln verblockten Segmenten mit 1,6 mm vergleichsweise gering gegenüber einer mittleren Höhenminderung von 4,0 mm bei den mit Kieler Knochendübeln operierten Segmenten. Dorsal betrug die Höhendifferenz bei den Eigenknochendübeln im Durchschnitt 0,8 mm und bei den Kieler Knochendübeln 1,4 mm.

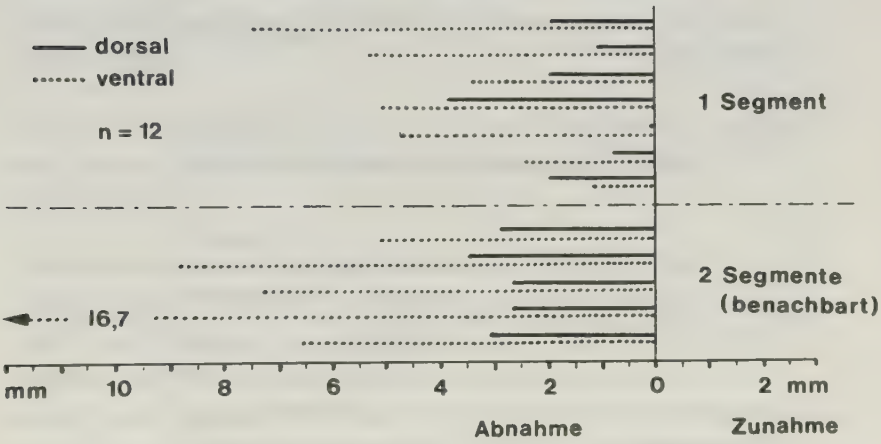


Abb. 3: Höhenänderung des fusionierten Segments bei Verwendung von Kieler Knochen

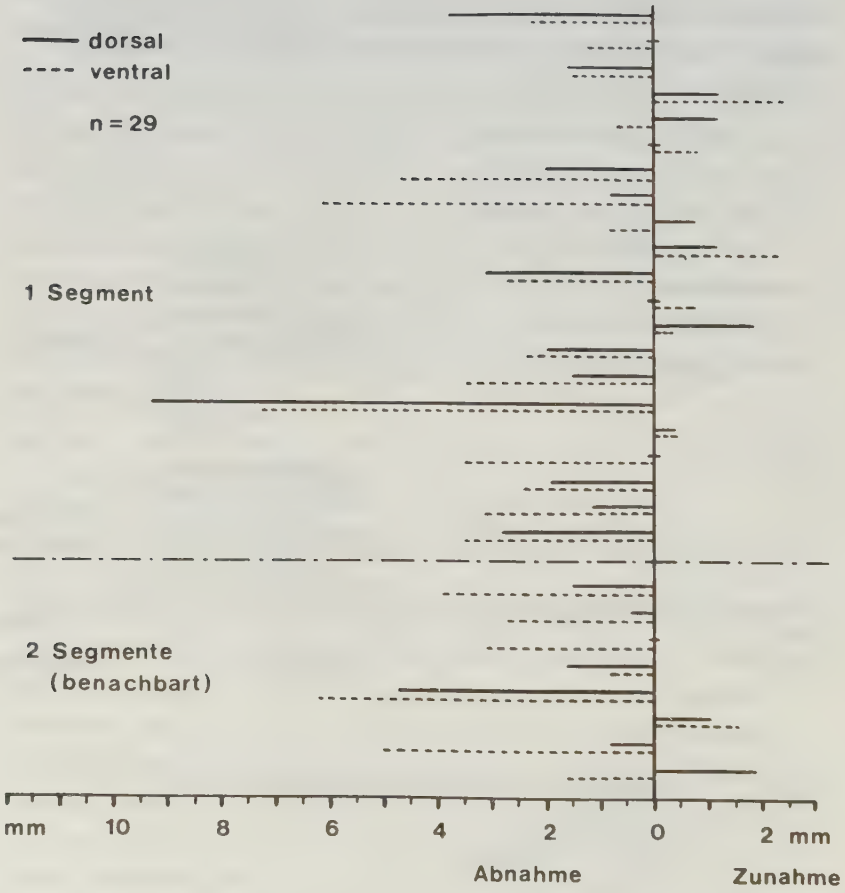


Abb. 4: Höhenänderung des fusionierten Segments bei Verwendung von Eigenknochen

Die Änderung der Segmentform findet ihren Ausdruck in einer Änderung des Segment-Indexes. Im Durchschnitt aller Segmente nahm der Segment-Index von präoperativ 99,6 auf postoperativ 105,0 zu, was einer Zunahme der nach dorsal divergierenden Keilform entspricht.

Der Vergleich zwischen der Gruppe der mit Kieler Knochendübeln und der mit Eigenknochendübeln operierten Patienten stellt sich folgendermaßen dar: Während sich bei den Eigenknochendübeln der durchschnittliche Segment-Index von präoperativ 99,0 um 3,2 auf postoperativ 102,2 erhöhte, war bei den Kieler Knochendübeln die Zunahme von präoperativ 100,7 um 10,5 auf postoperativ 111,2 wesentlich größer.

Der statistische Vergleich anhand des t-Tests ergab einen signifikanten Unterschied der beiden Mittelwerte (Irrtumswahrscheinlichkeit unter 5 %).

Die graphische Darstellung der Höhenänderung (s. Abb. 3 und 4) zeigt, daß eine besonders starke Minderung der ventralen Segmenthöhe in den Fällen auftrat, wo zwei benachbarte Segmente mit Kieler Knochen verblockt wurden. Entsprechend nahm der Segment-Index bei den in zwei benachbarten Segmenten mit Kieler Knochendübeln operierten Patienten im Durchschnitt um 16,0 zu, während bei einer Verblockung zweier benachbarter Segmente mit Eigenknochendübeln der Segment-Index um durchschnittlich 3,9 anstieg.

4. Krümmungsverhalten der Halswirbelsäule

Präoperativ stellt sich das Krümmungsverhalten der HWS folgendermaßen dar:

In den insgesamt 55 zur Operation vorgesehenen Segmenten entsprach in 16 Fällen die Stellung der zu fusionierenden Wirbelkörper zueinander einer kyphotischen Knickbildung, in 13 Fällen bildeten die fraglichen Wirbelkörper keinen Winkel miteinander, und in 26 Fällen verzeichneten wir eine lordotische Stellung der Wirbelkörper. Der mittlere Winkel, den die Wirbelkörperhinterkanten jeweils miteinander bildeten, betrug in den Segmenten, die später mit Kieler Knochen operiert wurden, 3,2 °, bei den später mit Eigenknochendübeln verblockten Wirbeln 1,9 °. Der durchschnittliche Winkel für alle Segmente betrug vor der Operation 2,3 ° (das entspricht einem lordotischen Krümmungsverhalten der HWS in dem zu operierenden Bereich).

Nach der Operation hatte sich das Krümmungsverhalten der HWS in folgender Weise verändert:

In 20 Fällen beobachteten wir eine kyphotische Knickbildung, 24 mal eine gerade Haltung und 11 mal eine Lordose im fusionierten Segment. Die mit Kieler Knochendübeln verblockten Wirbelkörper bildeten mit ihren Hinterkanten im Durchschnitt einen Winkel von - 4,8 ° zueinander. Dies entspricht einer Abnahme des mittleren Winkels (d.h. einer Veränderung der Wirbelkörperstellung in Richtung auf eine Kyphose) um 8,0 °. Bei den mit Eigenknochen verblockten Wirbeln nahm der entsprechende Winkel dagegen nur um durchschnittlich 0,7 ° ab, so daß sich postoperativ ein mittlerer Winkel von 1,2 ° ergab.

Im t-Test zeigte sich ein hoch signifikanter Unterschied zwischen den beiden Mittelwerten (Irrtumswahrscheinlichkeit 1 %).

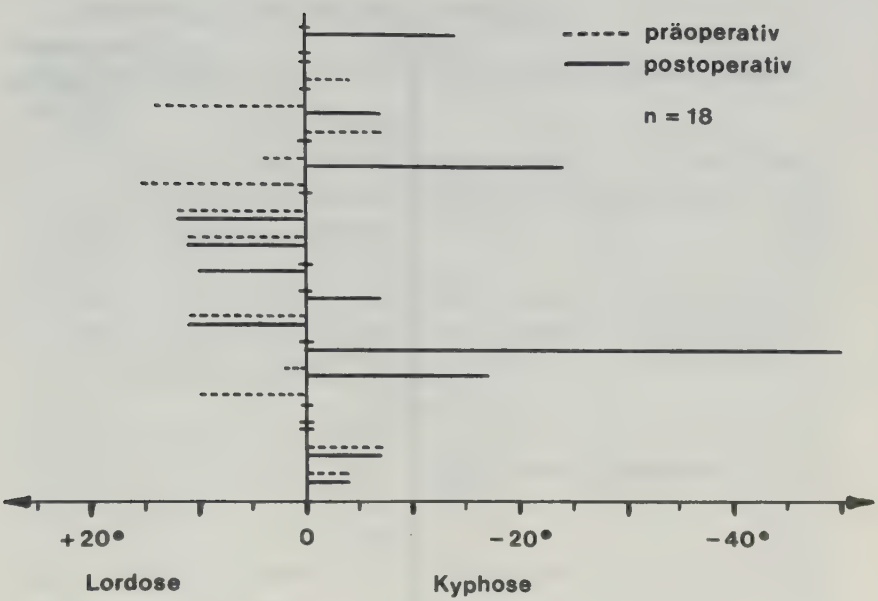


Abb. 5: Änderung des Winkels der Hinterkanten der fusionierten Wirbelkörper bei Verwendung von Kieler Knochen

Beachte: Mehrere Fälle mit starker kyphotischer Knickbildung

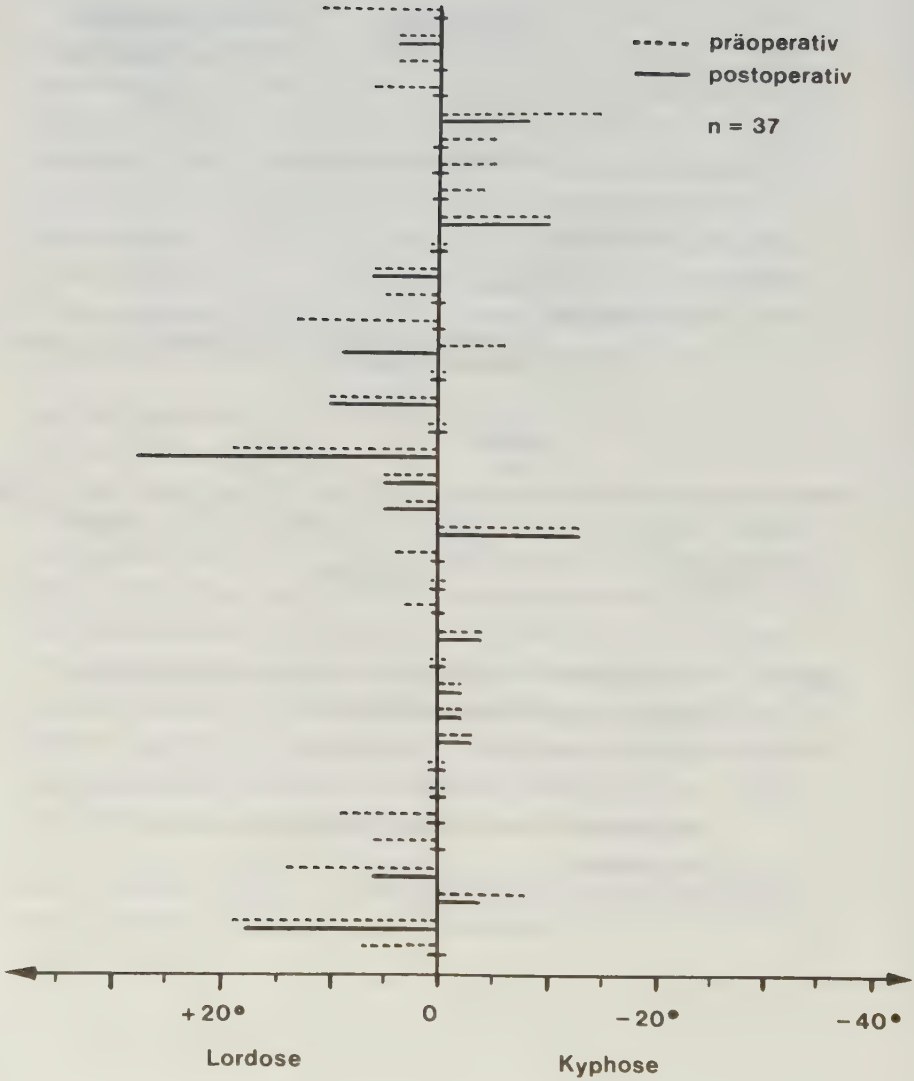


Abb. 6: Änderung des Winkels der Hinterkanten der fusionierten Wirbelkörper bei Verwendung von Eigenknochen
Beachte: Kein Fall mit starker kyphotischer Knickbildung

5. Knöcherne Durchbauung des Knochendübels

Die Röntgenbefunde der operierten Segmente wurden in zwei Gruppen eingeteilt:

1. Segmente mit guter knöcherner Durchbauung des Knochendübels, d.h. in diesen Fällen war die Dübelkontur röntgenologisch nicht mehr deutlich erkennbar.

2. Segmente mit schlechter knöcherner Durchbauung des Knochendübels, d.h. in diesen Fällen war die Dübelkontur röntgenologisch noch deutlich zu sehen.

Bei einer Gesamtzahl von 75 untersuchten Segmenten waren 23 Segmente mit Kieler Knochen und 52 Segmente mit Eigenknochendübeln versorgt worden.

Bei den Kieler Knochendübeln überwogen diejenigen mit schlechter knöchernder Durchbauung im Verhältnis 14 zu 9, während bei den Eigeknochendübeln die Zahl der guten Ergebnisse mit 46 die der schlechten (6) deutlich übertraf.

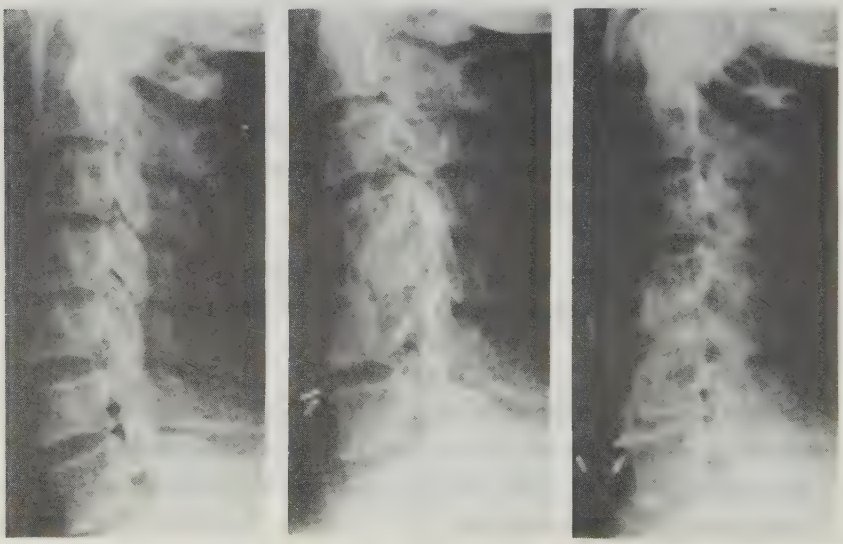
Die statistische Auswertung mittels des χ^2-Tests ergab einen signifikanten Unterschied zwischen den beiden Stichprobenhäufigkeiten (Irrtumswahrscheinlichkeit 1%).

Besonders hervorgehoben werden muß, daß eine schlechte knöcherne Durchbauung dann eintrat, wenn zwei benachbarte Segmente mit Kieler Knochen versorgt worden waren. Die Eigenknochendübel zeigten auch in diesen Fällen eine gute Durchbauung.

6. Kasuistik

a) Fallbeschreibung: M.O., männl., 47 J.

Fusionsoperation HWK 4/5 und HWK 5/6 mittels Kieler Knochendübels



Vor der 1. Operation | 7 Wochen nach der 1. Operation | 9 Monate nach Revision

Abb. 7

Die Gesamthöhe des Fusionssegments betrug präoperativ auf der ventralen Seite 48,5 mm und auf der dorsalen Seite 44,6 mm. Bereits 7 Wochen nach der Operation hatte die ventrale Segmenthöhe um 16,7 mm, die dorsale um 2,7 mm abgenommen, was eine ausgeprägte Keilform des Wirbelblocks zur Folge hatte. Diese kommt zum Ausdruck in einem Anstieg des Segment-Indexes von präoperativ 92,0 um 39,8 auf postoperativ 131,8.

Die Ursache für dieses außergewöhnlich deutliche und in dieser Ausprägung in unserem Patientenkollektiv einmalige Zusammensinken der Wirbelkörper war eine vollständige Osteolyse sowohl des 5. Halswirbelkörpers als auch der beiden eingefügten Knochendübel. In einer Revisionsoperation wurden alle weichen Knochenanteile entfernt und der zwischen dem 4. und 6. Halswirbelkörper entstandene Defekt mit Spongiosamaterial vom Beckenkamm ausgefüllt. Zusätzlich erwies sich aufgrund der neurologischen Symptomatik eine Verblokkungsoperation für den 6. und 7. Halswirbelkörper als notwendig.

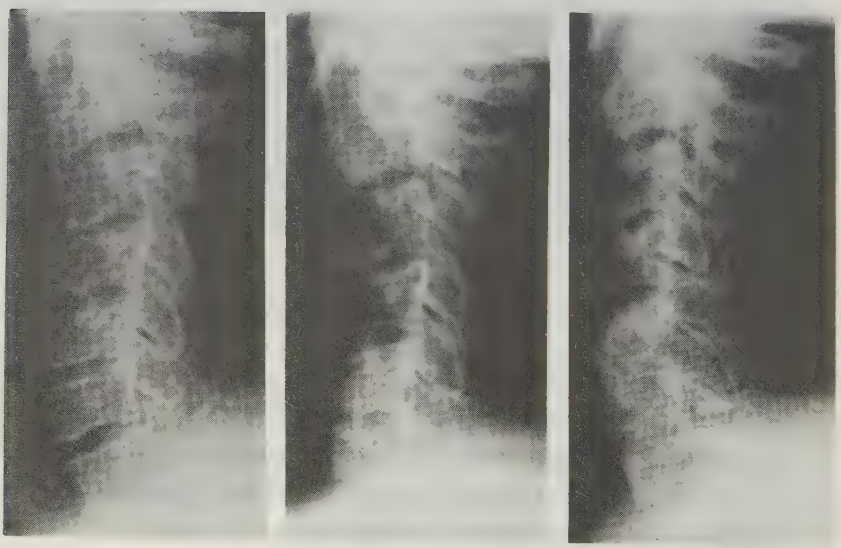
Die histologische Untersuchung ergab eine vollkommene Nekrose des eingesandten Knochengewebes. Die Osteozytenhüllen waren leer und zeigten keine lebenden Zellen mehr. Im Zentrum des Knochens war auch die Spongiosa untergegangen. Von den Randpartien her wuchs Granulationsgewebe ein, das aber insgesamt nicht sehr zellreich war. Es fanden sich Fremdkörperriesenzellen bzw. andere mehrkernige Riesenzellen, sowie Entzündungszellen mit Makrophagen, Leukozyten und Plasmazellen (aus dem Bericht des Pathologischen Instituts der Univ. Würzburg).

b) Fallbeschreibung: B.B., männl., 44 J.

Fusionsoperation HWK 5/6 und HWK 6/7 mittels Kieler Knochendübels.

Vor der Operation war das Gesamtsegment HWK 5/6/7 auf der ventralen Seite 48,0 mm und auf der dorsalen Seite 43,8 mm hoch.
8 Monate nach der Operation hatte sich die ventrale Segmenthöhe um 7,3 mm auf 40,7 mm und die dorsale um 2,7 mm auf 41,1 mm vermindert. Der Segment-Index erhöhte sich von präoperativ 91,3 auf postoperativ 101,0. Eine kyphotische Knickbildung in den operierten Segmenten war nicht zu erkennen.

Die 8 Monate nach der Operation angefertigte Röntgenaufnahme zeigt zwischen dem 5. und 6. Halswirbelkörper einen Knochendübel, der allseits von einer etwa 2 mm breiten transluzenten Zone umgeben ist, was auf eine Veränderung im Sinne einer Sequesterbildung des Knochendübels schließen läßt. Da auch eine Verschlechterung der Myelopathie und Radiculopathie zu verzeichnen war, wurde eine Revision nach CLOWARD durchgeführt und nach Entfernung des teilweise weichen Dübelmaterials eine Verblockung des 5. und 6. Halswirbelkörpers mittels Eigenknochendübels vorgenommen.

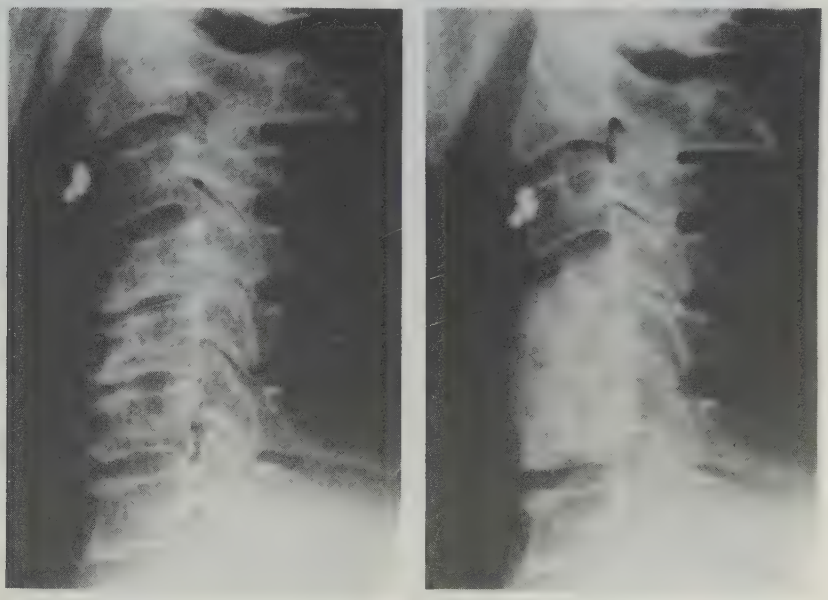


Vor der 1. Operation | 8 Monate nach der 1. Operation | Ein Jahr nach Revision

Abb. 8

c) Fallbeschreibung: K.H., männl., 52 J.

Fusionsoperation HWK 4/5 und HWK 5/6 mittels Kieler Knochendübels.



Vor der Operation

2 Jahre nach der Operation

Abb. 9

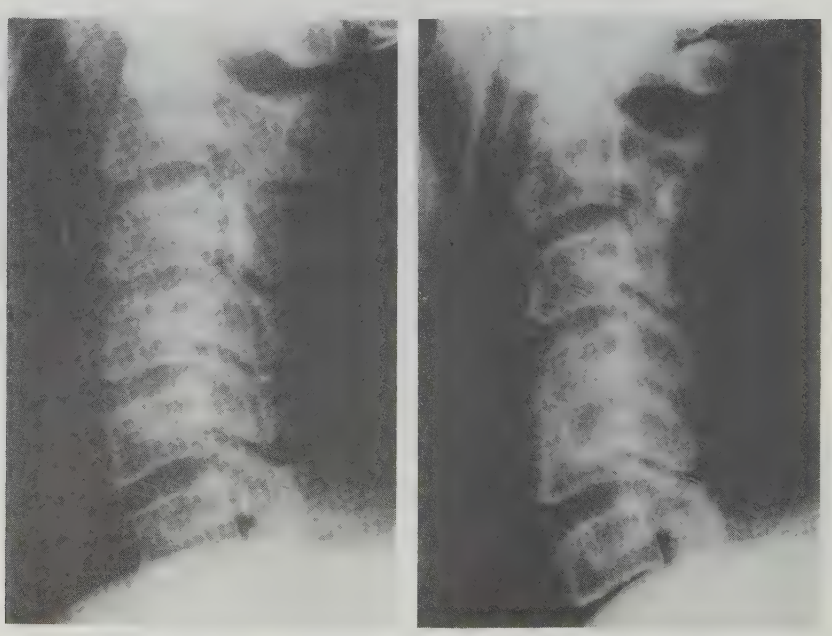
Die Gesamtsegmenthöhe nahm dorsal von präoperativ 43,0 mm um 3,1 mm auf 39,9 mm, ventral von präoperativ 39,5 mm um 6,6 mm auf 32,9 mm ab. Die größere Höhenabnahme auf den ventralen Seite äußerte sich in einer Zunahme des Segment-Indexes um 12,4 (nämlich von präoperativ 108,9 auf postoperativ 121,3).

Die präoperativ vorhandene leichte Kyphosestellung der von der Operation betroffenen Wirbel (-4^{o} zwischen Halswirbelkörper 4 und 5 sowie -7^{o} zwischen Halswirbelkörper 5 und 6) blieb nach der Operation in diesem geringen Ausmaß bestehen.

Die knöcherne Durchbauung war an beiden Fusionsstellen gut.

d) Fallbeschreibung: N.A., männl., 46 J.

Fusionsoperation HWK 4/5 mittels Eigenknochendübels.



Vor der Operation

1 Jahr nach der Operation

Abb. 10

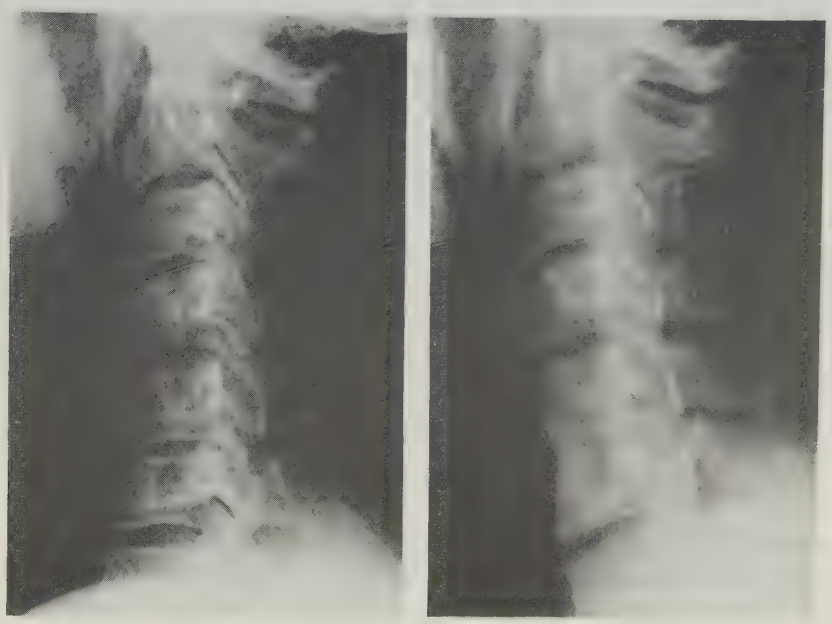
Die Höhe des fusionierten Segments betrug präoperativ dorsal 30,6 mm und ventral 34,1 mm. 12 Monate nach der Operation hatte die Segmenthöhe dorsal um 0,8 mm zugenommen (auf 31,4 mm), ventral hingegen kam es zu einer Abnahme der Segmenthöhe um 6,2 mm auf 27,9 mm. Infolgedessen lag die Zunahme des Segment-Indexes mit 17,1 (von 89,7 präoperativ auf 106,8 postoperativ) relativ hoch.

Während die Hinterkanten der verblockten Wirbel vor der Operation einen Winkel von + 5 ^{o} bildeten, betrug dieser Winkel nach der Operation nur noch 0 ^{o}.

Die knöcherne Durchbauung des Dübels wurde als gut bewertet.

e) Fallbeschreibung: N.R., männl., 35 J.

Fusionsoperation HWK 5/6 mittels Eigenknochendübels.



Vor der Operation 16 Monate nach der Operation

Abb. 11

Präoperativ betrug die Segmenthöhe dorsal 29, 8 mm und ventral 29, 5 mm. 16 Monate nach der Operation war die durch die Aufspreizung des Zwischenwirbelraumes bedingte Zunahme der Segmenthöhe noch teilweise erhalten geblieben: Dorsal hatte sie um 1, 2 mm (auf 31, 0 mm) und ventral um 2, 3 mm (auf 31, 8 mm) zugenommen. Das bedeutet eine Abnahme des Segment-Indexes um 3, 5 (von präoperativ 101, 0 auf postoperativ 97, 5).

Vor der Operation hatten der 5. und 6. Halswirbel eine leicht kyphotische Stellung zueinander (- 6 ^{o}). Diese Stellung wurde durch die Operation in Richtung auf eine Lordose korrigiert. Es ergab sich ein Winkel von + 9 ^{o}, also eine Winkeldifferenz von insgesamt + 15 ^{o}.

Die knöcherne Durchbauung des Dübels war gut.

IV. DISKUSSION

In der Literatur finden sich nur wenige Vergleiche zwischen den Ergebnissen von Fusionsoperationen der HWS unter Verwendung verschiedener Transplantatmaterialien. Zum Teil beziehen sich diese Vergleiche auf die postoperative klinische Symptomatik (GROTE et al., 1967, 1970; GUIDETTI et al., 1969). Nur wenige beziehen röntgenologische Kriterien in die Beurteilung mit ein (LUBINUS et al., 1968; TAHERI et al., 1972). Eine ausschließlich röntgenologische Betrachtung findet sich nur bei GIROUX et al. (1976) und RAMANI et al. (1975).

Das Spektrum der Meinungen reicht dabei von einer absoluten Gleichwertigkeit von Eigenknochen und Kieler Knochen (GROTE et al., 1967, 1970; TAHERI et al., 1972) bis zur Feststellung eines deutlich besseren Abschneidens des Eigenknochens (GIROUX et al., 1976; LUBINUS et al., 1968). Dabei fällt auf, daß der Kieler Knochen umso kritischer betrachtet wird, je mehr bei der Beurteilung der röntgenologische gegenüber dem klinischen Aspekt in den Vordergrund gerückt wird.

Der Grund dafür ist darin zu suchen, daß das klinische Operationsergebnis in allererster Linie von anderen als den von uns untersuchten röntgenologisch faßbaren Faktoren bestimmt wird. Während radikuläre Störungen und die Schmerzsymptomatik unabhängig von ihrer Dauer und Intensität durch die CLOWARD-Operation im allgemeinen günstig beeinflußt werden (GALERA et al., 1968; GROTE et al., 1967, 1970), sind für die Myelopathie Schweregrad und Anamnesedauer entscheidende prognostische Parameter (GUIDETTI et al., 1969; TEZUKA et al. 1976; VERBIEST, 1970).

Der Einfluß der postoperativen Erhaltung der Segmenthöhe, der Form des durch die Fusion entstandenen Wirbelblocks und der Krümmung der HWS wird unterschiedlich beurteilt. Während SCOVILLE et al. (1976)

keinen ungünstigen Einfluß des Höhenverlustes des Zwischenwirbelraumes auf die Symptomatik sehen und oft auf eine Fusion durch Knochendübel verzichten, erachten GROTE et al. (1967) zumindest bei der Ausräumung mehrerer Bandscheiben eine Fusion für notwendig, um Wirbeleinbrüche und Deformierungen der HWS zu vermeiden. Auch RILEY et al. (1969) sehen keinen Zusammenhang zwischen der Segmenthöhe nach der Fusion und dem Operationsergebnis. ALTENSTEIN (1966) hält dagegen eine Dekompression der Nervenwurzeln in den Zwischenwirbellöchern für wichtig, weswegen ja auch bei der Operation eine Spreizung des Zwischenwirbelraumes vorgenommen und der Durchmesser des Knochendübels größer bemessen wird als der des Bohrlochs. Eine postoperative Abnahme der Segmenthöhe würde also wieder zu einer Raumeinengung in den Zwischenwirbellöchern führen. Zusätzlich zur Dekompression wird durch die Aufspreizung ein der Druckosteosynthese entsprechender Effekt erzielt, der eventuell die Einheilungszeit des Transplantats verkürzt.

Unsere Untersuchung zeigte, daß die Segmenthöhe durch die Eigenknochendübel im Durchschnitt besser erhalten wurde als durch die Kieler Knochendübel. Besonders auffallend war bei den mit Kieler Knochen verblockten Segmenten die starke Höhenabnahme auf der ventralen Seite.

Auch die Rolle der Form des Wirbelblocks und des damit zusammenhängenden Krümmungsverhaltens der HWS ist allgemein umstritten. Mit zunehmender ventraler Höhenminderung des Wirbelblocks kommt es häufig - mehr oder weniger deutlich ausgeprägt - zu einer kyphotischen Knickbildung in der HWS. Dabei ist nicht unbedingt die gesamte Krümmung der HWS als kyphotisch zu bezeichnen, sondern oft bleibt diese Knickbildung beschränkt auf das operierte Segment. Dieser Knick ist jedoch teilweise auch schon präoperativ vorhanden und kann in manchen Fällen durch die Operation korrigiert werden. So fanden wir in 20 %

unserer Fälle eine Änderung des Krümmungsverhaltens in Richtung auf eine Lordose.

Als physiologische Krümmung der HWS in sagittaler Richtung wird gewöhnlich die "harmonische Lordose" bezeichnet. Daß allerdings ein davon abweichendes Verhalten nicht unbedingt Krankheitswert besitzen muß, zeigen Messungen an Röntgenaufnahmen von gesunden Versuchspersonen: GAIZLER (1965) fand bei 14 % eine gerade und bei 14 % eine kyphotische Haltung der HWS, bei 11 % war sogar eine auf eine einzige Bandscheibe lokalisierte kyphotische Knickbildung vorhanden. ALBERS (1954) fand zu 49 % eine seines Erachtens nicht pathologische, gerade Haltung. JUHL et al. (1962) hatten unter ihren gesunden Probanden 19 % mit gerader Haltung und 14 % mit kyphotischer Krümmung. Dabei hatten 6,9 % eine umschriebene kyphotische Knickbildung. GALERA et al. (1968) stellten bei 70 % ihrer nach CLOWARD operierten Patienten präoperativ eine Steilhaltung oder Kyphose der HWS fest.

Als Ursache einer Kyphosierung der gesunden HWS nimmt GAIZLER (1965) muskuläre Faktoren an, während eine Bandscheibenveränderung dann als Ursache in Frage kommt, wenn die Knickbildung auch bei Retroflexion besteht. Hinsichtlich der Bedeutung der HWS-Krümmung für das Operationsergebnis sind ABOULKER et al. (1965), BREIG (1960), GALERA et al. (1968), GONZALES-FERIA et al. (1975), KUHLENDAHL (1969) und REID (1960) der Meinung, daß die kyphotische Knickbildung der HWS zu einer mechanischen Irritation des Rückenmarks führen kann. Insbesondere KUHLENDAHL (1969) hat morphologische Veränderungen der HWS als wichtige pathogenetische Faktoren für die cervikale Myelopathie herausgestellt. Eine Kyphosierung der HWS führe genauso wie osteochondrotische Veränderungen an der Vorderwand des Rückenmarkskanals zur Bildung eines Hypomochlion, auf dem das Halsmark reibend bewegt wird. In Verbindung mit dynamischen Faktoren

komme es dadurch zu einer "flächigen Adhäsion der Ventralfläche des Halsmarks an der Vorderwand des Kanals." Neben der direkten schädigenden Einwirkung auf das Halsmark sei ein negativer Einfluß der biomechanischen Faktoren auf dessen Gefäßsystem und Durchblutung nachweisbar (KUHLENDAHL et al., 1956).

Um postoperativ die obengenannten morphologischen Verhältnisse für das Halsmark möglichst günstig zu gestalten, messen wir der Erhaltung der HWS-Lordose große Bedeutung zu.

Im Patientengut von GIROUX et al. (1976) findet sich die kyphotische Knickbildung (im angelsächsischen Schrifttum als "anterior angulation" bezeichnet) wesentlich häufiger bei den mit Kieler Knochen verblockten Segmenten (9, 52 %) als bei den mit Eigenknochen verblockten (3, 37 %). TAHERI et al. (1972) beobachten in 14, 5 % ihrer ausschließlich mit Kieler Knochen operierten Patienten eine Kyphosierung verschiedenen Ausmaßes. Dabei war in zwei von insgesamt 200 Fällen ein völliger Zusammenbruch des Dübels, verbunden mit einer starken Knickbildung, aufgetreten.

Unser Vergleich zwischen Eigenknochendübeln und Kieler Knochen fällt hinsichtlich der Kyphosierung der HWS ebenfalls zugunsten des Eigenknochens aus. Starke kyphotische Knickbildungen (mit einer Winkeldifferenz zum präoperativen Zustand von über 20 ^{o}) traten ausschließlich in der Gruppe der mit Kieler Knochen operierten Patienten auf, und zwar dreimal. Auch der Vergleich der Restkollektive zeigte bei den mit Eigenknochendübeln operierten Patienten eine signifikant größere Tendenz zur Erhaltung der HWS-Lordose.

Der Grad der Fusion der verblockten Wirbelkörper, d.h. der Grad der knöchernen Einheilung im Gegensatz zur bindegewebigen Einheilung oder Abstoßung des Knochendübels, wird im allgemeinen danach beurteilt, ob der Knochendübel nach gewissen postoperativen Zeitspannen auf der seitlichen oder der p.-a.-Aufnahme der HWS von einem transluzenten Hof (engl. "halo") umgeben ist oder nicht (BOWERMAN et al., 1975).

Die Korrelation zwischen dem klinischen Operationsergebnis und dem Fusionsgrad erscheint zunächst fraglich. In unserem Patientenkollektiv fanden sich sowohl Patienten mit guter knöcherner Durchbauung und klinisch schlechterem Operationsergebnis als auch umgekehrt. Auch ROBINSON et al. (1962) weisen auf diese Tatsache hin, obgleich sie betonen, daß bei fast 50 % ihrer Patienten mit schlecht eingeheiltem Dübel aus klinischen Gründen eine zweite Operation notwendig wurde. Insgesamt kam es bei 12 % ihrer Patienten (die alle mit Eigenknochen operiert wurden) nicht zu einer knöchernen Durchbauung. RAMANI et al. (1975) sehen sogar in nur einem einzigen Fall von 73 mit Kieler Knochen operierten Segmenten eine Fusion als gesichert an. In allen anderen Fällen war röntgenologisch ein transluzenter Hof um den Knochendübel zu erkennen. GIROUX et al. (1976) beobachteten dieses Phänomen bei ihrem Vergleich zwischen Eigenknochen und Kieler Knochen ausschließlich bei der Verwendung des Kieler Knochens.

Andere Autoren sehen hinsichtlich der Fusionsrate keinen Unterschied zwischen den untersuchten Materialien (DOHN, 1966; GROTE et al., 1967; JOMIN et al., 1971; TAHERI et al., 1972).

In unserem Patientengut war hinsichtlich der Fusion der Eigenknochendübel (Fusion in 88 % der verblockten Segmente) dem Kieler Knochen (Fusion in 39 %) überlegen. Dieses Ergebnis halten wir insofern für wichtig, als die Belastungsfähigkeit der Wirbelsäule durch eine

knöcherne Einheilung gesteigert wird und darüberhinaus unerwünschte Operationsfolgen wie Pseudarthrosenbildung, Knickbildung und Abnahme der Segmenthöhe weitgehend vermieden werden.

Ob eine echte Fusion der beiden Wirbelkörper durch die Verblockung eintritt oder nicht, ist in hohem Maße von der Operationstechnik abhängig (GIROUX et al., 1976). Insbesondere ist ein möglichst enger Kontakt zwischen Empfängerknochen und Transplantatmaterial anzustreben. Besonders wichtig erscheint diese Forderung bei der Verwendung von Kieler Knochen, da hierbei die Substitution des Dübels nur von einer Seite (der des Empfängers) erfolgen kann, während beim autologen Knochen die Kapillaren teilweise überleben und Anschluß an die Gefäße des Lagers gewinnen, so daß die Regeneration des Knochens aus eigener Weichteilsubstanz erfolgen kann (GRAF, 1959).

Eine Gegenüberstellung des Eigenknochendübels und des Kieler Knochens wäre unvollständig, würden nicht die Vorteile herausgestellt, die sich durch die Verwendung des Kieler Knochens sowohl für den Patienten als auch für den Operateur ergeben. Der für den Patienten entscheidende Vorteil des Kieler Knochens ist der Wegfall der Wunde, die bei der Entnahme des Eigenknochens entsteht. Die Beckenwunde war bei unseren 38 mit Eigenknochen operierten Patienten in einem Fall Anlaß für Komplikationen als Folge einer Infektion. Die durch die Verwendung des Kieler Knochens verkürzte Operationsdauer wird vom Operateur als positiv empfunden. Weitere Vorteile des Kieler Knochens sind seine genormte Form und seine als Folge seiner unbegrenzten Aufbewahrungsdauer ständige Verfügbarkeit. Er kann deshalb auch bei Beschädigungen, die er während der Operation erfährt, problemlos durch einen neuen Dübel ersetzt werden.

Die Verwendung des Eigenknochens dagegen ist dadurch eingeschränkt, daß er bei Ostoeporose keine Gewähr für eine sichere Stabilisierung der HWS bietet. In solchen Fällen sollte an seiner Stelle heterologes Transplantatmaterial verwendet werden.

Unsere Untersuchungsergebnisse zeigen jedoch, daß der Eigenknochen bei der röntgenologischen Auswertung der Operationsergebnisse dem Kieler Knochen deutlich überlegen ist. Wir halten deshalb bei der CLOWARD-Operation die routinemäßige Verwendung des Eigenknochendübels für notwendig, während wir dem Kieler Knochen einen Platz als Ausweichmaterial beispielsweise bei ostoeporotischer Schwächung des autologen Knochenmaterials einräumen.

V. ZUSAMMENFASSUNG

Die Entwicklung und Verbreitung des anterioren operativen Zugangs zur HWS und heterologen Transplantatmaterials (Kieler Knochenspan) verliefen zeitlich etwa parallel. Nachdem der Kieler Knochen auf vielen Anwendungsgebieten mit Erfolg verwendet wird, konnte er sich für die Verblockung von Wirbelkörpern der HWS noch nicht allgemein durchsetzen.

Bei den in unserer Klinik nach CLOWARD an der HWS operierten Patienten wurden teilweise Eigenknochendübel aus dem Beckenkamm und teilweise Kieler Knochendübel zur Verblockung verwendet. Die vorliegende Untersuchung zieht einen Vergleich zwischen den röntgenologischen Operationsergebnissen unter Verwendung der beiden verschiedenen Transplantatmaterialien. Anhand der seitlichen HWS-Röntgenaufnahmen wurden folgende Kriterien beurteilt:

1. Segmenthöhe

   Bei 40 Patienten und 55 operierten Segmenten wurde die Höhe des verblockten Segments (sowohl ventral als auch dorsal) vor und nach der Operation gemessen. Bei den 37 mit Eigenknochendübeln operierten Segmenten betrug die durchschnittliche Höhenabnahme ventral 1,6 mm und dorsal 0,8 mm. Bei der Verwendung des Kieler Knochens (18 Segmente) betrug die Differenz im Durchschnitt ventral 4,0 mm und dorsal 1,4 mm. Der durchschnittliche Segment-Index nahm damit in der Gruppe der Eigenknochendübel nur um 3,2, in der Gruppe der Kieler Knochendübel dagegen um 10,4 zu.
   Eine Abnahme der Segmenthöhe nach der Operation kann wegen der dadurch bedingten Raumeinengung in den Zwischenwirbellöchern zum Rezidivieren radikulärer Beschwerden führen und sollte deshalb möglichst gering sein.

2. Krümmungsverhalten der HWS

Bei 40 Patienten (davon 28 mit Eigenknochen und 12 mit Kieler Knochen operiert) wurden die Winkel, die die Hinterkanten der verblockten Wirbel vor bzw. nach der Operation bildeten, verglichen.
Dabei zeigte sich bei den mit Eigenknochendübeln verblockten Segmenten eine Winkeländerung in Richtung auf eine Kyphose von durchschnittlich 0,5 °. Bei den mit Kieler Knochen operierten Segmenten läßt die entsprechende durchschnittliche Winkeldifferenz von 7,8 ° eine deutlichere Tendenz zu einer kyphotischen Knickbildung in der HWS erkennen.
Durch den in der HWS entstehenden kyphotischen Knick kann eine mechanische Irritation des Rückenmarks erfolgen. Außerdem werden ungünstige Auswirkungen auf das spinale Gefäßsystem diskutiert.

3. Knöcherne Durchbauung des Dübels

Bei 53 Patienten wurde der Fusionsgrad der verblockten Wirbelkörper beurteilt. Dabei wurde eine noch erkennbare Dübelkontur als Kriterium für eine schlechte knöcherne Durchbauung gewertet. In der Gruppe der Eigenknochendübel kam es in 88 %, in der Gruppe der Kieler Knochendübel dagegen nur in 39 % der verblockten Segmente zur Fusion. Durch eine gute knöcherne Einheilung des Dübels gewinnt die HWS an Stabilität und deutliche kyphotische Knickbildungen sowie starke Abnahmen der Segmenthöhe werden vermieden.

Der Vergleich fiel hinsichtlich aller drei untersuchten Kriterien zugunsten des Eigenknochendübels aus. Insbesondere bei der Verblockung mehrerer benachbarter Wirbelkörper lieferte der Eigenknochen eindrucksvoll bessere Ergebnisse. Wir halten deshalb, bei allen Vorteilen, die der Kieler Knochen bezüglich der Anwendung bietet, den Eigenknochendübel bei der Fusionsoperation der HWS für das geeignetere Material.

VI. LITERATURVERZEICHNIS

ABOULKER, J.
METZGER, J.
DAVID, M.
ENGEL, P.
BALLIVET, J.
Les myelopathies cervicales d' origine rachidienne
Neurochirurgie 11, 89-198 (1965)

ALBERS, D.
Eine Studie über die Funktion der Halswirbelsäule bei dorsaler und ventraler Flexion
Fortschr. Röntgenstr. 81, 606-615 (1954)

ALTENSTEIN, G.
Erfahrungen mit der Wirbelkörperfusion an der Halswirbelsäule durch vorderen Zugang
Fortschr. Med. 84, 243-245 (1966)

BAILEY, R.W.
BADGLEY, C.E.
Stabilization of the cervical spine by anterior fusion
J. Bone Joint Surg. (Am) 42, 565-594 (1960)

BAUERMEISTER, A.
Zur unterschiedlichen Gewebefreundlichkeit verschiedener Knochentransplantate
Langenbecks Arch. klin. Chir. 292, 828-830 (1959)

Die Behandlung von Zysten, Tumoren und entzündlichen Prozessen des Knochens mit dem "Kieler Knochenspan"
Bruns Beitr. klin. Chir. 203, 287-310 (1961)

BOWERMAN, J.W.
HUGHES, J.L.
Radiology of bone grafts
Radiol. Clin. North Am. 13, 67-77 (1975)

BREIG, A.
Biomechanics of the central nervous system: some basic normal and pathologic phenomena
Almqvist & Wiksells, Stockholm (1960)

BROWN, M.D.
MALININ, T.I.
DAVIS, P.B.
A roentgenographic evaluation of frozen allografts versus autografts in anterior cervical spine fusions
Clin. Orthop. 119, 231-236 (1976)

CLOWARD, R.B.
The anterior approach for removal of ruptured cervical disks
J. Neurosurg. 15, 602-617 (1958)

Treatment of acute fractures and fracture-dislocations of the cervical spine by vertebral-body fusion
J. Neurosurg. 18, 201-209 (1961)

New method of diagnosis and treatment of the cervical disc disease
Clin. Neurosurg. 8, 93-132 (1962)

DECKING, D.
Restbeschwerden nach vorderer Spondylodese der Halswirbelsäule nach Cloward
Z. Orthop. 112, 752-757 (1974)

DEREYMAKER, A.
MULIER, J.
La fusion vertebrale par voie ventrale dans la discopathie cervicale
Rev. Neurol. 99, 597-616 (1958)

DOHN, D.F. — Anterior interbody fusion for treatment of cervical-disk conditions JAMA 197, 897-900 (1966)

EVERS, G.
HACKENSELLNER, H.A.
NÄTHER, J.
SEIDLER, E. — Kritische Untersuchungen zur Wertigkeit von Kieler Knochen und Ossar als Transplantationsmaterial Dtsch. Gesundh.-Wesen 22, 2425-2429 (1967)

FUCHS, G.
STEGEMANN, H.
EGER, W. — Der transplantierte Knochenspan und seine Qualität nach partieller und vollständiger Enteiweißung bei erhaltener anorganischer Substanz Langenbecks Arch. klin. Chir. 303, 240-260 (1963)

FUCHS, G.
SCHLACHETZKI, J. — Über den klinischen Wert eines heterologen Knochentransplantates Chirurg 37, 174-178 (1966)

GAIZLER, G. — Die Beurteilung der Ruhehaltung der Halswirbelsäule - eine erledigte Frage? Fortschr. Röntgenstr. 103, 566-571 (1965)

GALERA, G.R.
TOVI, D. — Anterior disc excision with interbody fusion in cervical spondylotic myelopathy and rhizopathy J. Neurosurg. 28, 305-320 (1968)

GIROUX, J.-C.
GRISOLI, F.
LECLERCQ, T. — Heterogreffes dans les discoidectomies cervicales anterieures. Union Med. Can. 105, 1507-1509 (1976)

GONZALES-FERIA, L.
PERAITA-PERAITA, P.
Cervical spondylotic myelopathy: a cooperative study
Clin. Neurol. Neurosurg. 78, 19-33 (1975)

GRAF, R.
Gefäßversorgung autoplastischer Spongiosa-transplantate und ihre Bedeutung
Bruns Beitr. klin. Chir. 198, 390-400 (1959)

GREEN, P.W.B.
Anterior cervical fusion. A review of thirty-three patients with cervical disc degeneration
J. Bone Joint Surg. (Br) 59, 236-240 (1977)

GROTE, W.
RÖTTGEN, P.
Die ventrale Fusion bei der zervikalen Osteochondrose und ihre Behandlungsergebnisse
Acta Neurochir. 16, 218-236 (1967)

GROTE, W.
BETTAG, W.
WÜLLENWEBER, R.
Indikation, Technik und Ergebnisse zervikaler Fusionen
Acta Neurochir. 22, 1-27 (1970)

GUIDETTI, B.
FORTUNA, A.
Long-term results of surgical treatment of myelopathy due to cervical spondylosis
J. Neurosurg. 30, 714-721 (1969)

HEMMER, R.
Versteifungsoperationen an der Halswirbelsäule im Kindesalter
Dtsch. Med. Wochenschr. 95, 2218-2219 (1970)

ISHIHARA, A.
Röntgenologische Untersuchungen über die Beweglichkeit der Halswirbel normaler Personen (japanisch)
J. Jap. Orthop. Ass. 38, 645-646 (1964)

JACOBS, B.
KRUEGER, E.G.
LEIVY, D.M.
Cervical spondylosis with radiculopathy. Results of anterior diskectomy and interbody fusion
JAMA 211, 2135-2139 (1970)

JOMIN, M.
DELANDSHEER, J.M.
LAINE, E.
CHRISTIAENS, J.L.
ANDREUSSI, L.
CLARISSE, J.
DUCHATELLE-BAR, F.
Resultats et indications de la voie d'abord transcorporeale dans les complications neurologiques de l'uncodiscarthrose cervicale
Neurochirurgie 17, 591-594 (1971)

JUHL, J.H.
MILLER, S.M.
ROBERTS, G.W.
Roentgenographic variations in the normal cervical spine
Radiology 78, 591-597 (1962)

KUHLENDAHL, H.
FELTEN, H.
Die chronische Rückenmarksschädigung spinalen Ursprungs
Langenbecks Arch. klin. Chir. 283, 96 (1956)

KUHLENDAHL, H.
Pathogenese der sog. zervikalen Myelopathie - biomechanische und vasozirkulatorische Faktoren
Münch. Med. Wochenschr. 111, 1137-1140 (1969)

KYSELKA, R.
SAUDER, H.W.
Erfahrungen mit der ventralen Spondylodese nach Cloward
Beitr. Orthop. Traumatol. 24, 97-104 (1977)

LUBINUS, H.H.
Anwendungsgebiete des Kieler Knochenspans
Med. Mitt. (Melsungen) 37, 2504-2513 (1963)

LUBINUS, H.H.
KANNENGIESSER, H.G.
Erfahrungen auf den verschiedenen Anwendungsgebieten des Kieler Spans
Med. Mitt. (Melsungen) 42, 156-173 (1968)

LUTHER, R.
LEGAL, H.
Indikation zur ventralen interkorporellen Fusion der Halswirbelsäule nach Cloward - Bisherige Ergebnisse
Z. Orthop. 112, 744-747 (1974)

MAATZ, R.
Klinische Erfahrungen mit dem eiweißarmen Tierspan
Langenbecks Arch. klin. Chir. 292, 831-836 (1959)

Leistung und Grenzen des Kieler Spans
Med. Mitt. (Melsungen) 37. 2494-2503 (1963)

Langzeiterfahrung mit dem Kieler Span
Med. Mitt. (Melsungen) 45, Suppl. II, 137-144 (1971)

MAATZ, R.
BAUERMEISTER, A.
A method of bone maceration. Results in animal experiments
J. Bone Joint Surg. (Am) 39, 153-166 (1957)

Klinische Erfahrungen mit dem Kieler Span
Langenbecks Arch. klin. Chir. 298, 239-244 (1961)

PSCHIRRER, M.
Vermessungen der Halswirbelsäule
Inaug. Diss., Frankfurt/Main 1968

RAMANI, P.S.
KALBAG, R.M.
SENGUPTA, R.P.
Cervical spinal interbody fusion with Kiel bone
Br. J. Surg. 62, 147-150 (1975)

REID, J.D.
Effects of flexion-extension movements of the head and spine upon the spinal cord and nerve roots
J. Neurol. Neurosurg. Psychiatr. 23, 214-221 (1960)

RILEY, L.H.
ROBINSON, R.A.
JOHNSON, K.A.
WALKER, A.E.
The results of anterior interbody fusion of the cervical spine. Review of ninety-three consecutive cases
J. Neurosurg. 30, 127-133 (1969)

ROBINSON, R.A.
SMITH, G.W.
Anterolateral cervical disc removal and interbody fusion for cervical disc syndrome
Bull. John Hopkins Hosp. 96, 223-225 (1955)

ROBINSON, R.A.
WALKER, A.E.
FERLIC, D.C.
WIECKING, D.K.
The results of anterior interbody fusion of the cervical spine
J. Bone Joint Surg. (Am) 44, 1569-1587 (1962)

RUSDEA, J.
Erfahrungen bei einigen Osteosynthesen nach Cloward an HWS und LWS
Z. Orthop. 112, 865-866 (1974)

SANDEMAN, J.C.
Ein Vergleich von Knochenheterotransplantaten
Med. Mitt. (Melsungen) 42, 17-30 (1968)

SCHMORL, G. Über die an Wirbelbandscheiben vorkommenden Ausdehnungs- und Zerreißungsvorgänge und die dadurch an ihnen und der Wirbelspongiosa hervorgerufenen Veränderungen
Ver. dtsch. path. Ges. 22, 250-262 (1927)

Über die bisher nur wenig beachtete Eigentümlichkeiten ausgewachsener und kindlicher Wirbel
Langenbecks Arch. klin. Chir. 153, 35-45 (1928)

Über Knorpelknoten an der Hinterfläche der Wirbelbandscheiben
Fortschr. Röntgenstr. 40, 629-632 (1929)

Über die pathologische Anatomie der Wirbelbandscheiben
Bruns Beitr. klin. Chir. 151, 360-375 (1931)

SCHNEIDER, J.R.
BRIGHT, R.W. Anterior cervical fusion using freezedried bone allografts
Transplant. Proc. 8 (Supl. 2), 73 (1976)

SCOVILLE, W.B. Types of cervical disc lesions and their surgical approaches
JAMA 196, 479-481 (1966)

SCOVILLE, W.B.
DOHRMANN, G.J.
CORKILL, G. Lata results of cervical disc surgery
J. Neurosurg. 45, 203-210 (1976)

TAHERI, Z.E.
GUERAMI, M.
Experience with calf bone in cervical interbody spinal fusion
J. Neurosurg. 36, 67-71 (1972)

TEW, J.M.
MAYFIELD, F.H.
Complications of surgery of the anterior cervical spine
Clin. Neurosurg. 23, 424-434 (1976)

TEZUKA, A.
YAMADA, K.
IKOTA, T.
Surgical results of cervical spondilotic radiculomyelopathy observed for more than five years
Tokushima J. Exp. Med. 23, 9-18 (1976)

VERBIEST, H.
La chirurgie anterieure et laterale du rachis cervical
Neurochirurgie 16 Supp, 3-212 (1970)

Herrn Prof. Dr. med. K.A. Bushe bin ich für die Überlassung des Themas zu großem Dank verpflichtet.

Für die Übernahme des Korreferats danke ich Herrn Priv.Doz. Dr. med. W. Grüninger.

Für die Überlassung der Röntgenaufnahmen danke ich Herrn Prof. Dr. med. M. Nadjmi.

Für Anregungen und kritische Beiträge zu Inhalt und Form der Arbeit bedanke ich mich bei Herrn OA Dr. med. J. Wickboldt.

Mein besonderer Dank gilt Herrn Dr. med. F. Miltner für seine stete Hilfsbereitschaft und freundliche Beratung.

LEBENSLAUF

Am 24. Juni 1953 wurde ich als Sohn des Hauptwachtmeisters Heinrich Bechmann und seiner Ehefrau Gabriele, geb. Richter, in Königshofen i. Gr. geboren.

Von 1959 bis 1963 besuchte ich die Volksschule und von 1963 bis 1972 das Röntgengymnasium in Würzburg. Hier legte ich am 23. Juni 1972 die Reifeprüfung ab.

1972 nahm ich ein Studium der Rechtswissenschaft an der Universität Würzburg auf, welches ich nach zwei Semestern abbrach. 1973 begann ich mein Zahnmedizinstudium ebenfalls an der Universität Würzburg, wo ich im Oktober 1974 das Vorphysikum und im April 1976 das Physikum bestand. Am 5. Februar 1979 schloß ich das Studium mit der Zahnärztlichen Prüfung ab.

Seit April 1979 leiste ich meine Wehrpflicht als Stabsarzt bei der Luftwaffe in Pinneberg ab.

Peter Bechmann

Dissertationsdruck
Schmitt & Meyer

Würzburg Ludwigkai 28a Tel. 7 23 80

Dissertationsdruck
Schmitt & Meyer

Würzburg Ludwigkai 28a Tel. 7 23 80